

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3433531 A1

②1 Aktenzeichen: P 34 33 531.5  
②2 Anmeldetag: 12. 9. 84  
②3 Offenlegungstag: 20. 3. 86

⑤1 Int. Cl. 4:  
G 02 B 1/10  
C 23 C 14/00  
B 05 D 5/06

DE 3433531 A1

⑦1 Anmelder:

Kievskoe naučno-proizvodstvennoe ob'edinenie  
«Analitpribor», Kiev, SU

⑦4 Vertreter:

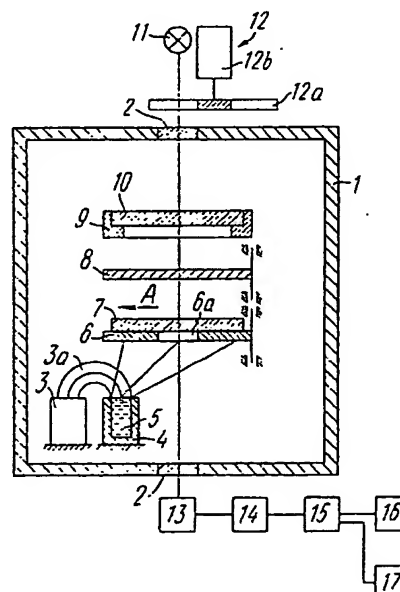
von Föner, A., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Ebbinghaus,  
D., Dipl.-Ing.; Finck, K., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw.,  
8000 München

⑦2 Erfinder:

Orlov, Michail Aleksandrovič; Larčenko, Vladilen  
Igorevič; Sergeev, Valerij Ivanovič; Beljakovskij,  
Vladimir Aleksandrovič, Kiev, SU

⑤4 Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage

Das Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage schließt eine Reinigung des aufzutragenden Werkstoffes durch dessen Schmelzen mit einem Elektronenstrahl und ein Entfernen von Begleitstoffen durch deren Verdampfen im Vakuum auf eine Hilfsunterlage unter gleichzeitiger Lokalisierung der Begleitstoffe durch Fokussieren des Elektronenstrahls mit einer Geschwindigkeit, bei der sich eine feste Phase außerhalb des Bereiches der Wechselwirkung zwischen dem Elektronenstrahl und der Oberfläche des Werkstoffes mit Sicherheit herausbilden kann; ein Herausführen der Hilfsunterlage aus dem Verdampfungsbereich; ein Verdampfen auf die Hauptunterlage von der Oberfläche des Werkstoffes her, die sich außerhalb des Lokalisierungsbereiches der Begleitstoffe befindet, ein. Das Verfahren ist für die Herstellung von Interferenzfiltern besonders geeignet.



DE 3433531 A1

3433531

Kievskoe naučno-proizvodstvennoe  
ob"edinenie "Analitpribor"

DEAC-32231.6

12. September 1984

VERFAHREN ZUM AUFTRAGEN OPTISCHER DÜNNSCHICHTÜBERZÜGE  
AUF EINE UNTERLAGE  
PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüber-  
züge auf eine Unterlage, das eine Reinigung des aufzu-  
tragenden Werkstoffes durch dessen Schmelzen mit einem  
Elektronenstrahl im Vakuum auf eine Tiefe, die der vor-  
zubereitenden Schichtdicke des Werkstoffes entspricht,  
5 ein Entfernen von Begleitstoffen durch deren Verdampfen  
auf eine Hilfsunterlage, eine Herausführen der Hilfs-  
unterlage aus dem Verdampfungsbereich und ein Verdampfen  
des gereinigten Werkstoffes auf eine Hauptunterlage mit  
dem Elektronenstrahl vorsieht, d a d u r c h g e -  
10 k e n n z e i c h n e t, daß während des Entferns der  
Begleitstoffe gleichzeitig mit dem Verdampfen diese loka-  
lisiert werden, indem man den Elektronenstrahl mit einer  
Geschwindigkeit, die die Herausbildung einer festen Phase  
15 außerhalb des Bereiches der Wechselwirkung zwischen dem  
Elektronenstrahl und der Oberfläche des Werkstoffes ge-  
währleistet, fokussiert, und das Bedampfen der Hauptunter-  
lage von der Oberfläche des Werkstoffes her erfolgt, die  
sich außerhalb des Lokalisierungsbereiches der Begleit-  
20 stoffe befindet, indem man die Leistung des Elektronen-  
strahls auf einem Niveau aufrechterhält, das ausreicht,

um den Werkstoff innerhalb der vorzubereitenden Schichtdicke schmelzen zu lassen.

2. Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage nach Anspruch 1, d a ö u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß während der Lokalisierung der Begleitstoffe die Brechzahl des Werkstoffes für die  
5 vorzubereitende Schicht geprüft wird und, sobald diese den Wert der Brechzahl des begleitstofffreien Werkstoffes erreicht, der Lokalisierungsvorgang unterbrochen wird.

3. Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß eine zusätzliche Lokalisierung der Begleitstoffe durchgeführt wird, indem man  
5 durch Herabsetzung der Elektronenstrahlleistung die Schmelztiefe der vorzubereitenden Schicht auf ein 0,5- bis 0,8faches ihres anfänglichen Wertes reduziert.

VERFAHREN ZUM AUFTRAGEN OPTISCHER DÜNNSCHICHTÜBERZÜGE  
AUF EINE UNTERLAGE

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage, das im optischen Gerätebau bei der Herstellung von Interferenzfiltern eingesetzt werden kann, welche bei der Gasanalyse als Monochromatisierungselemente für das Trennen der Absorptionsbande einzelner Gaskomponenten in verschiedenen Spektralgebieten Verwendung finden.

10           Eines der leistungsstärksten Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage ist das Vakuumaufdampfen, bei dem der aufzutragende Werkstoff auf die tragende Unterlage aufgedampft wird (DE-OS 20 04 184).

15           Einer breiten Verwendung dieses Verfahrens steht jedoch die fehlende Dickenkontrolle des aufzutragenden Überzuges im Wege, wodurch gute optische Eigenschaften der hergestellten Interferenzfilter nicht erzielt werden können und sich häufig ein Überverbrauch an Material ergibt.

20           Als geeignet für die Herstellung hochwertiger Interferenzfilter erweist sich ein Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge, bei dem in einer Vakuumkammer mindestens ein aufzutragender Werkstoff, der in einem Tiegel untergebracht ist, durch einen Elektronenstrahl auf eine über dem Tiegel angeordnete tragende Unterlage verdampft wird und gleichzeitig die optische Dicke jeder aufzudampfenden Dünnschicht mittels einer darauf einwirkenden elektromagnetischen Strahlung geprüft wird ( S.A.Furmann "Optische Dünnschichtüberzüge", Leningrad, Maschinostrojenije-Verlag, 1977, S. 136 bis 141).

30           Trotz der offensichtlichen Vorteile dieses Verfahrens ist seine praktische Durchführung mit Schwierigkeiten verbunden, die mit dem Vorhandensein von Verunreinigungen in Ausgangsstoffen und mit dem Aufkommen zusätzlicher unerwünschter Einschlüsse im Werkstoff während des Verdampfvorganges zusammenhängen, was zu strukturellen Änderungen

35

der Dünnschichtüberzüge sowie zur Verminderung des Durchlaßgrades der Filter führt.

Dies beeinträchtigt die zeitliche Konstanz der optischen Charakteristiken der hergestellten Filter.

5 Es muß beachtet werden, daß bei dieser Technologie auch der Einsatz besonders reiner einkristalliner Stoffe nur in der Anfangsperiode ihres Verdampfens auf die tragende Unterlage wirksam ist, weil danach unvermeidlich eine Verunreinigung dieser Stoffe eintritt, 10 die ebenfalls zur Beeinträchtigung der optischen Charakteristiken der hergestellten Filter führt.

Es ist ein Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage bekannt, das eine Reinigung des aufzutragenden Werkstoffes durch Schmelzen mit 15 einem Elektronenstrahl im Vakuum auf eine Tiefe, die der vorzubereitenden Schichtdicke des Werkstoffes entspricht, und ein Entfernen von Begleitstoffen durch deren Verdampfen auf eine Hilfsunterlage, ein Herausführen der Hilfsunterlage aus dem Verdampfungsbereich und ein Verdampfen des 20 gereinigten Werkstoffes durch einen Elektronenstrahl auf die tragende Unterlage vorsieht. ( L.Holland "Dünnschicht-Mikroelektronik", "Mir"-Verlag, Moskau, 1968, S.150 bis 151, 291 bis 293).

Beim Einsatz des bekannten Verfahrens erweist es 25 sich jedoch als unmöglich, Beschichtungsstoffe mit optischen Eigenschaften zu erhalten, die den Eigenschaften von Werkstoffen entsprechen, welche praktisch keine Begleitstoffe enthalten.

Das ist darauf zurückzuführen, daß durch das beschriebene 30 Verfahren nur gasförmige Begleitstoffe aus der vorzubereitenden Werkstoffschicht entfernt werden können, während sich Beimischungen von Arsen, Phosphor, Gallium, Antimon und Indium nur teilweise entfernen lassen. Das ist dadurch bedingt, daß beim Verdampfen der vorzubereitenden 35 Werkstoffschicht der geschmolzene Werkstoff in einen solchen Zustand gebracht wird, bei dem sich ein Gleichgewicht zwischen dem Verdampfungsvorgang der Begleitstoffe und dem Vorgang ihrer Zuwanderung in den Verdampfungsbereich aus

tiefer liegenden Werkstoffschichten im Tiegel einstellt. Infolgedessen sind Begleitstoffe in der vorzubereitenden Werkstoffschicht anwesend. Dabei erfolgt das Auftragen von Dünnschichtüberzügen gemäß Bedingungen der Herstellungstechnologie für die Interferenzfilter aus mindestens zwei Tiegeln, die Ausgangsstoffe mit stark unterschiedlichen optischen Charakteristiken enthalten, was unvermeidlich dazu führt, daß die Stoffe wegen unkontrollierter Niederschlagungsvorgänge für die verdampfenden Werkstoffe miteinander verunreinigt werden. Dieser Umstand macht die Verwendung auch der reinsten Stoffe nach deren mehrmaligen Einsätzen unwirksam.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage derart weiterzuentwickeln, daß die aus der vorzubereitenden Schicht zu entfernende Menge an Begleitstoffen während des Reinigungsvorganges des Werkstoffes vor dem Auftragen des Überzuges ansteigt, um einen Werkstoff zum Auftragen von Überzügen zu gewinnen, dessen optische Charakteristiken denen eines begleitstofffreien Werkstoffes entsprechen sowie um die optischen und Betriebscharakteristiken der aufgetragenen Überzüge letzten Endes zu verbessern.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß bei einem Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage, das eine Reinigung des aufzutragenden Werkstoffes durch dessen Schmelzen mit einem Elektronenstrahl im Vakuum auf eine Tiefe, die der vorzubereitenden Schichtdicke des Werkstoffes entspricht, und ein Entfernen von Begleitstoffen durch deren Verdampfen auf eine Hilfsunterlage, ein Herausführen der Hilfsunterlage aus dem Verdampfungsbereich und ein Verdampfen des gereinigten Werkstoffes auf eine Hauptunterlage durch einen Elektronenstrahl vorsieht, erfindungsgemäß während des Entfernens von Begleitstoffen gleichzeitig mit dem Verdampfen diese lokalisiert werden, indem man den Elektronenstrahl mit einer Geschwindigkeit, die die Herausbildung einer festen Phase des Werkstoffes außerhalb des Bereiches der Wechselwirkung

zwischen dem Elektronenstrahl und der Werkstoffoberfläche gewährleistet, fokussiert, und das Verdampfen auf die Hauptunterlage von der Oberfläche des Werkstoffes her erfolgt, die sich außerhalb des Lokalisierungsbereiches  
5 der Begleitstoffe befindet, indem man die Leistung des Elektronenstrahls auf einem Niveau aufrechterhält, das ausreicht, um den Werkstoff innerhalb der vorzubereitenden Schichtdicke schmelzen zu lassen.

Es ist zweckmäßig, während der Lokalisierung von  
10 Begleitstoffen eine Kontrolle der Brechzahl des Werkstoffes der vorzubereitenden Schicht durchzuführen und, sobald diese den Wert der Brechzahl eines begleitstofffreien Werkstoffes erreicht, den Lokalisierungsvorgang abubrechen.

Mit diesem Verfahrensschritt wird erzielt, daß Begleit-  
15 stoffe, die im zu verdampfenden Werkstoff enthaltend sind, lokalisiert und anschließend aus der Arbeitszone der Vakuumkammer entfernt werden können und das Bedampfen aus einem verhältnismäßig reinen Bereich des Tiegels erfolgt, wo der Werkstoff optische Charakteristiken besitzt, die denen eines begleitstofffreien Werkstoffes entsprechen.  
20 Dadurch steigt die Transparenz der Dünnschichten an, verbessert sich die Struktur und vergrößert sich die mechanische Festigkeit des aufgedampften Überzuges; es werden Verluste der durch diesen Überzug durchgehenden elektromagnetischen Strahlung vermindert, was sich auf der Qua-  
25 lität des Überzuges und der Genauigkeit dessen Kontrolle günstig auswirkt.

Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es von Vorteil, nach dem Schmelzen des zu verdampfenden  
30 Werkstoffes mit dem defokussierten Elektronenstrahl auf eine vorgegebene Tiefe die Leistung dieses Strahls so zu verringern, daß die neue Schmelztiefe geringer als die anfängliche ist, und das Verdampfen des Werkstoffes auf die Hilfsunterlage fortzusetzen. Dabei ist es wünschenswert,  
35 daß die neue Schmelztiefe 0,5 bis 0,8 der anfänglichen Schmelztiefe beträgt.

Dieser Verfahrensschritt beim Schmelzen trägt in einem noch stärkerem Grade zu einer Lokalisierung von Be-

gleitstoffen bei, weil diese zu einem verstärkten Wandern in höher liegende Bereiche der geschmolzenen Schicht des aufzutragenden Werkstoffes veranlagt werden.

5 Anhand von Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage;

10 Fig. 2 in graphischer Darstellung die Änderung der Brechzahl der Dünnschicht des aufzutragenden Werkstoffes, der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren aufgedampft wird, abhängig von der Zeit;

Fig. 3, 4, 5, 6 Verfahrensstufen bei der Behandlung  
15 des aufzutragenden Werkstoffes mit einem Elektronenstrahl nach dem erfindungsgemäßen Verfahren;

Fig. 7 die anfängliche Verfahrensstufe, wie in Fig. 3, in der Abwandlung, bei der man zunächst den aufzutragenden Werkstoff auf eine vorgegebene Tiefe schmilzt und dann  
20 die Schmelztiefe vermindert.

Die Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage enthält eine Vakuumkammer I (Fig. I), in deren unterem und oberem Teil Öffnungen 2 vorgesehen sind.  
25 Die Vakuumkammer I besitzt auch einen Stutzen für den Anschluß an ein vakuum erzeugendes System (der Stutzen und das Vakuumsystem sind in der Zeichnung nicht gezeigt).

Die Vorrichtung enthält auch einen Elektronenstrahl-  
30 erzeuger 3 mit dem magnetischen Ablenksystem (in Fig. 1 nicht gezeigt) und zumindest einen Tiegel 4 für die Aufnahme eines aufzutragenden Werkstoffes 5. Der Tiegel 4 kann wassergekühlt ausgeführt werden oder einen anderen Aufbau gemäß verfahrenstechnischen Forderungen haben.  
35 Über dem Tiegel 4 ist ein Drehschieber 6 mit einer Öffnung 6a in seinem mittleren Teil montiert, der zur Aufnahme einer Hilfsunterlage 7 bestimmt ist.

Über dem Schieber 6 ist ein undurchsichtiger Dreh-



schirm 8 angeordnet, der zum Unterbrechen des Aufdampfvorganges dient.

Über dem Schirm 8 ist ein Halter 9 für eine Hauptunterlage 10 montiert, auf die ein Dünnschichtüberzug aus dem Werkstoff 5 aufgebracht werden muß.

Die Vorrichtung ist außerdem mit einem Kontrollsystem zur Kontrolle der optischen Dicke des aufzutragenden Dünnschichtüberzuges versehen, das eine elektromagnetische Strahlungsquelle 11 und einen Modulator 12, die über der oberen Öffnung 2 der Vakuumkammer I angeordnet sind, sowie einen Monochromator 13, einen Strahlungsempfänger 14, die hintereinander geschaltet und unter der unteren Öffnung 2 der Vakuumkammer I angeordnet sind, einen selektiven Verstärker 15, einen Selbstschreiber 16 und ein Voltmeter 17 enthält.

Die Öffnungen 2 und die Unterlagen 7, 10 sind aus einem Werkstoff hergestellt, der durchsichtig in dem Spektralgebiet ist, in welchem die aufzudampfenden Überzüge durchsichtig sind, beispielsweise aus Leukosaphir, wenn die Überzüge im IR-Gebiet durchsichtig sind. Die Öffnungen 2 und die Unterlagen 7, 10 liegen in der gleichen optischen Achse wie die des optischen Eingangs des Monochromators 13.

Der Modulator 12 kann einen beliebigen bekannten Aufbau haben. Im vorliegenden Fall ist er in Form einer Scheibe 12a mit Schlitzten und eines mit dieser Scheibe verbundenen Drehbewegungsantriebs 12b ausgebildet.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Auftragen optischer Dünnschichtüberzüge auf eine Unterlage wird mit Hilfe der oben beschriebenen Vorrichtung wie folgt durchgeführt:

Man füllt den Tiegel 4 mit dem aufzutragenden Werkstoff 5, beispielsweise mit Germanium, das Begleitstoffe wie Arsen, Phosphor, Gallium, Antimon, Indium, Aluminium usw. enthält, auf.

Sind in der Vorrichtung noch weitere Tiegel vorhanden, werden sie mit anderen Werkstoffen gefüllt, die sich von dem obenerwähnten Werkstoff in der Brechzahl der aus ihnen hergestellten Dünnschichtüberzüge unterscheiden, beispielsweise mit Silizium, Germaniumoxid, Siliziumdioxid usw.

Im Halter 9 wird die Hauptunterlage 10 angeordnet. Dann wird auf dem Drehschieber 6 die Hilfsunterlage 7 derart angebracht, daß sie die Öffnung 6a überdeckt, und der Drehschieber 6 durch Drehen in die Arbeitszone  
5 der Vakuumkammer I geführt. (Diese Lage des Drehschiebers 6 ist in Fig. I abgebildet). Der undurchsichtige Schirm 8 wird aus seiner in Fig. I gezeigten Stellung zur Seite geführt, damit er die Arbeitszone verläßt.

Hier und im weiteren wird als Arbeitszone der Vakuum-  
10 kammer derjenige Teil ihres Raumes bezeichnet, der sich unmittelbar über dem Tiegel 4 befindet und im wesentlichen durch den Verdampfungsbereich für den Werkstoff 5 begrenzt ist.

Nun wird in der Vakuumkammer I ein Vakuum, beispielsweise in einer Höhe von  $1,3 \cdot 10^{-3}$  Pa erzeugt.  
15

Des weiteren empfiehlt es sich für ein besseres Verstehen des erfindungsgemäßen Verfahrens außer der Fig. I auch die Figuren 2 bis 6 in Betracht zu ziehen.

Man schaltet den Elektronenstrahlerzeuger 3 ein, defokussiert seinen Strahl 3a bis zu einem Durchmesser, der  
20 im wesentlichen dem inneren Durchmesser des Tiegels 4 gleich ist, und richtet ihn mit Hilfe des magnetischen Systems des Elektronenstrahlerzeugers 3 auf den zu verdampfenden Werkstoff 5 so, daß der Elektronenstrahl 3a die gesamte Oberfläche des Werkstoffs 5 erfaßt, wie dies aus  
25 Fig. 3 hervorgeht.

Man schaltet die elektromagnetische Strahlungsquelle 11 ein, moduliert die Strahlung mit Hilfe des Modulators I2 und richtet sie durch die Vakuumkammer I in den Monochromator I3 und den Strahlungsempfänger I4.  
30

Der aufzutragende Werkstoff 5 (Germanium) wird mit dem Elektronenstrahl 3a auf eine vorgegebene Tiefe h (Fig. 3) geschmolzen und auf die Verdampfungstemperatur ( $1670 \pm 10^\circ \text{K}$ ) gebracht. Dabei erfolgt eine Umverteilung von Begleitstoffen im ganzen Volumen des im Tiegel 4 befindlichen Werkstoffes.  
35 Da die Löslichkeit der Begleitstoffe in fester Phase geringer als in flüssiger Phase ist, wandern diese in den Einwirkungsbereich einer höheren Temperatur, d.h. in die

Oberflächenschicht 5a des geschmolzenen Germaniums, so daß die Konzentration von Begleitstoffen in dieser Schicht ansteigt. Da der Werkstoff auf die Verdampfungstemperatur von Germanium ernitzt ist, werden leichtschmelzende Begleitstoffe in stärkerem Maße verdampft. Schwerschmelzbare Begleitstoffe, z.B. Aluminium, bei denen die Verdampfungstemperatur höher als bei Germanium liegt, verdampfen nicht und üben daher keinen Einfluß auf die Qualität der entstehenden Dünnschichtüberzüge aus.

10       Leichtschmelzende Begleitstoffe werden auf die Hilfsunterlage 7 aufgedampft, die dabei mit einer Geschwindigkeit von 0,5 bis 1 m/h in Richtung des Pfeiles A (Fig.1) gleichmäßig bewegt wird.

15       Mit der Senkung des Begleitstoffgehaltes des geschmolzenen Germaniums während des Bedampfens der Hilfsunterlage 7 ändert sich auch die Brechzahl der Dünnschicht, die aus Germanium aufgebracht wird. Diese Änderung wird durch die Abschnitte 18 und 19 der Kurve im Diagramm (Fig.2) wiedergegeben.

20       Ein relativ konstanter Wert der Brechzahl der Dünnschicht aus Germanium (Fig. 2., Abschnitt 20) tritt bei einem solchen Zustand des geschmolzenen Germaniums ein, bei dem sich ein Gleichgewicht zwischen dem Verdampfen der Begleitstoffe und deren Zuwandern in den Verdampfungs-  
25       bereich einstellt.

      Eine weitere Verlängerung der Dauer des Verdampfens von Begleitstoffen (Vergrößerung der Abschnitte 20 der Kurve im Diagramm Fig.2) führt zu keiner Abnahme der Begleitstoffmenge in der auf die Hilfsunterlage 7 aufzudampfenden Dünnschicht, weil im Schmelzbad eine ständige Um-  
30       verteilung der Begleitstoffe vor sich geht.

      Zur Lokalisierung von Begleitstoffen an einer vorgegebenen Stelle auf der Oberfläche des Werkstoffes 5 wird der Elektronenstrahl bis zu einem Durchmesser  $d$  fokussiert, der das 0,1 bis 0,3-fache des inneren Durchmessers  $D$  des  
35       Tiegels 4 (Fig.4) ausmacht.

      Dann wird der Elektronenstrahl 3a in seiner Leistung auf einen Wert reduziert, der ausreicht, um Germanium auf

eine Tiefe zu schmelzen, die seine anfängliche Schmelztiefe  $h$  (Fig.1) nicht übersteigt.

Die Durchmesserverringerung des Elektronenstrahls  $3a$  wird mit einer Geschwindigkeit vorgenommen, bei der eine  
5 flüssige Phase im Bereich der Wechselwirkung zwischen dem Elektronenstrahl und der Germaniumoberfläche und eine feste Phase außerhalb dieses Bereiches mit Sicherheit gebildet werden. Dies veranlaßt die Begleitstoffe zum Wandern in den Fokussierungsbereich des Elektronenstrahls, also  
10 in den Bereich, der durch die Kreislinie mit einem Durchmesser  $d$  begrenzt ist. Die Begleitstoffmenge in einer Volumeneinheit des geschmolzenen Germaniums erhöht sich dabei allmählich mit der Erhöhung des Fokussierungsgrades, was durch den Abschnitt 21 der Kurve im Diagramm (Fig.2)  
15 gekennzeichnet ist.

Der fokussierte Elektronenstrahl  $3a$  wird auf der Germaniumoberfläche in den vorgegebenen Bereich  $5b$  des Tiegels 4 bewegt und bewirkt, daß die Begleitstoffe in diesem Bereich lokalisiert werden (Fig.5). Es sei angemerkt, daß  
20 zum Erzielen einer größeren Wirksamkeit das Fokussieren des Elektronenstrahls und dessen Bewegung gleichzeitig vorgenommen werden können.

Aus dem Bereich  $5b$  des Tiegels 4 wird das Germanium auf die Hilfsunterlage 7 so lange verdampft, bis die Brechzahl der Dünnschicht einen neuen gleichbleibenden Wert annimmt (Kurvenabschnitt 22 im Diagramm (Fig. 2), der ein  
25 höheres Niveau des Begleitstoffgehaltes des Bereiches  $5b$  (Fig. 5) gegenüber der geschmolzenen Schicht  $5a$  (Fig.3) kennzeichnet.

30 Danach verlagert man den Elektronenstrahl in einen anderen Bereich  $5c$  des Tiegels 4, der außerhalb des Bereiches  $5b$  liegt (Fig. 6).

Im Bereich  $5c$  wird geprüft, ob die Brechzahl der aufzudampfenden Dünnschicht mit der Brechzahl der Dünnschicht  
35 aus dem begleitstofffreien Werkstoff übereinstimmt, was durch den Abschnitt 23 der Kurve im Diagramm (Fig. 2) gekennzeichnet wird. dann bedampft man die Hilfsunterlage 7 aus diesem Bereich  $5c$  so lange weiter, bis die Dicke der

Dünnschicht darauf der vorgegebenen Dicke der später auf die Hauptunterlage IO aufzubringenden Dünnschicht gleich ist.

5       Danach wird die Hilfsunterlage 7 aus der Arbeitszone der Vakuumkammer I herausgeführt und das Aufdampfen auf die Hauptunterlage IO aus dem Bereich 5c des Tiegels 4 geht weiter, bis eine Dünnschicht mit vorgegebener Dicke vorliegt. Das Aufdampfen wird dann abgebrochen, indem man zwischen den Tiegel 4 und die Hauptunterlage IO den un-  
10       durchsichtigen Schirm 8 (in die Stellung, die in Fig.I gezeigt ist) hineinführt.

      Mit dem Aufdampfen der zweiten und nachfolgenden Schichten auf der Hauptunterlage IO aus Werkstoffen, die sich in anderen (in Fig.I nicht angedeuteten) Tiegeln be-  
15       finden, beginnt man nach erfolgter ähnlicher Kontrolle auf Übereinstimmung der Brechzahl dieser aufgetragenen Dünnschicht mit der Brechzahl der Dünnschicht aus jeweiligem begleitstofffreien Werkstoff.

      Eine Abwandlung des erfindungsgemäßen Verfahrens  
20       sieht zur Erhöhung der Wirksamkeit der Lokalisierung von Fremdstoffen vor, daß nach dem Schmelzen des aufzutragenden Werkstoffes mit einem defokussierten Elektronenstrahl auf eine Tiefe  $h$  (Fig.3) die Leistung dieses Strahles derart reduziert wird, daß die neue Schmelztiefe  $h_I$   
25       (Fig.7) des Werkstoffes kleiner als die anfängliche ist und beispielsweise 0,5 bis 0,8  $h$  ausmacht, und daraufhin das Bedampfen der Hilfsunterlage 7 in oben beschriebener Weise durchgeführt wird.

      Das Schmelzen des Werkstoffes auf die vorgegebene Tiefe  $h$  und die anschließende Verminderung der Schmelztiefe auf  $h_I$  lassen eine von Begleitstoffen gereinigte Germaniumzone entstehen, deren Dicke der Differenz  $h - h_I$  gleich ist, und die, wie es Versuche gezeigt haben, ein verstärktes Wandern der Begleitstoffe in höher liegende Bereiche der ge-  
35       schmolzenen Germaniumschicht 5a begünstigt.

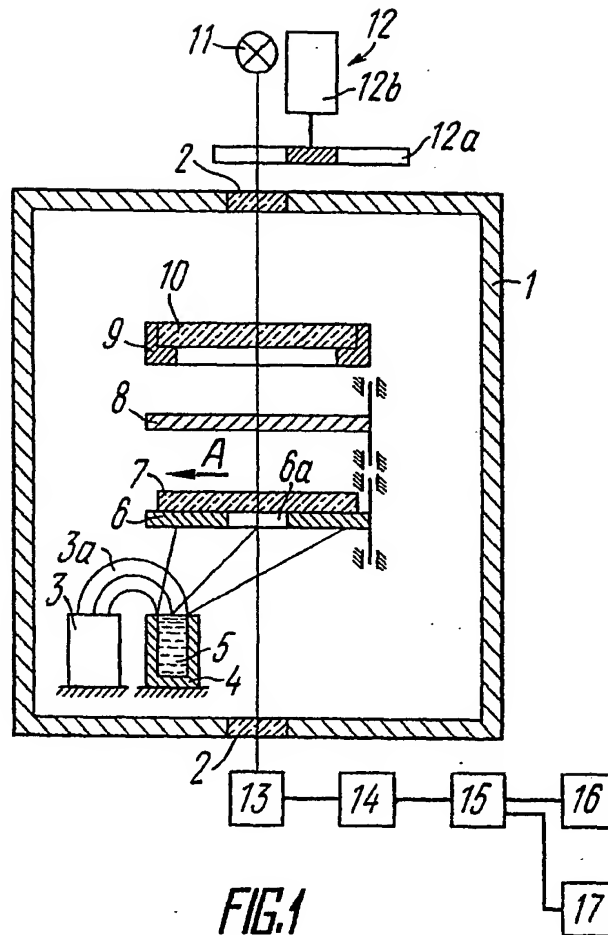


FIG. 1

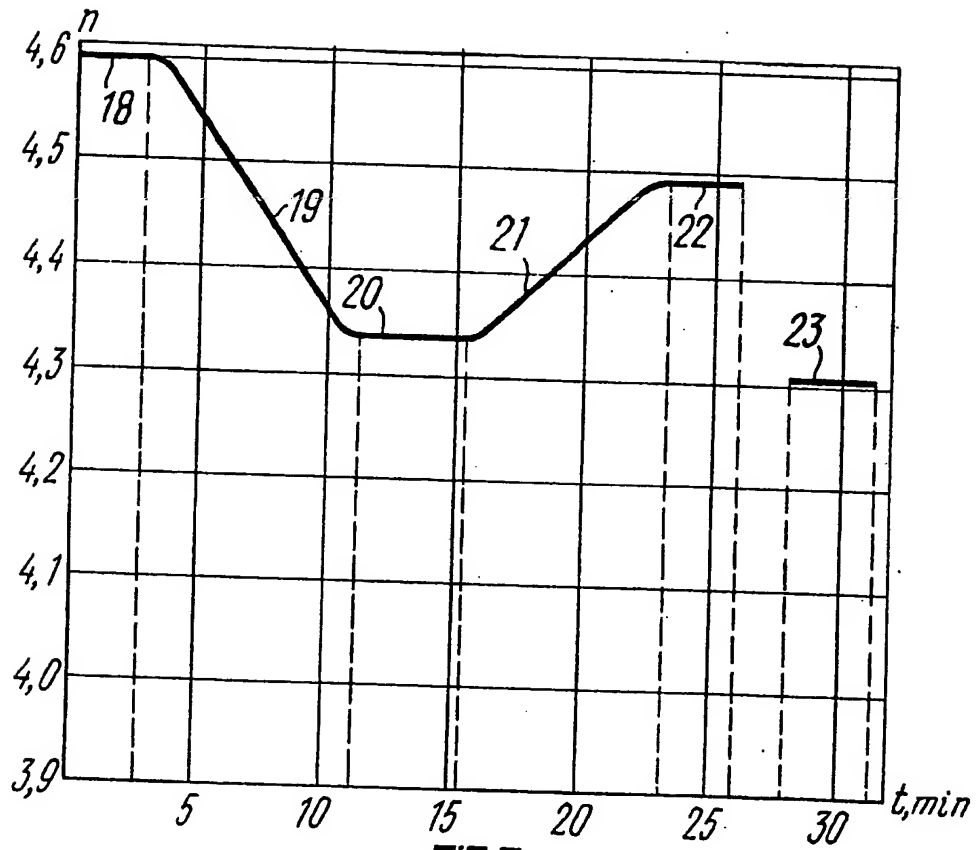


FIG.2

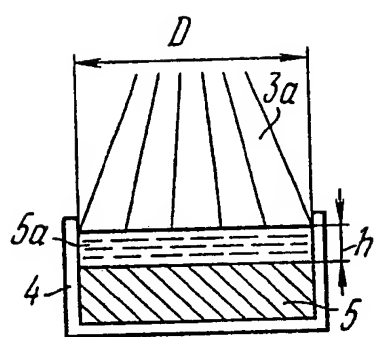


FIG. 3

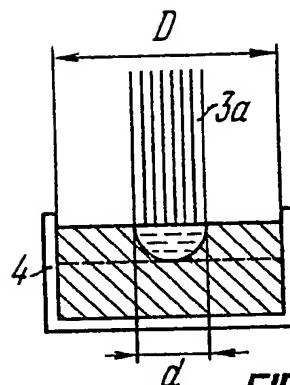


FIG. 4

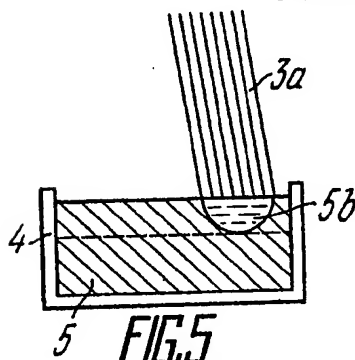


FIG. 5

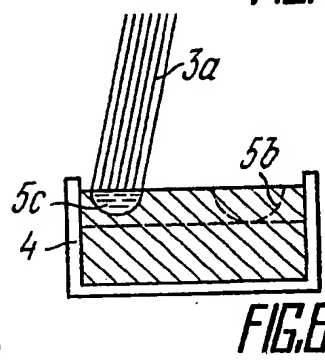


FIG. 6

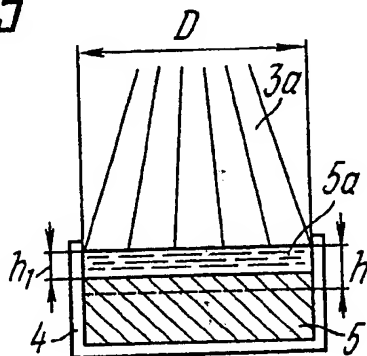


FIG. 7

DOCKET NO: 1999P8173  
 SERIAL NO: 10/033,950  
 APPLICANT: Jürgen Ziegler et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.  
 P.O. BOX 2480  
 HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  
 TEL. (954) 925-1100